

Faserverbundwerkstoffe halten sich den Spiegel vor

Trotz zahlreicher Pilotprojekte wartet die Branche auf den Durchbruch

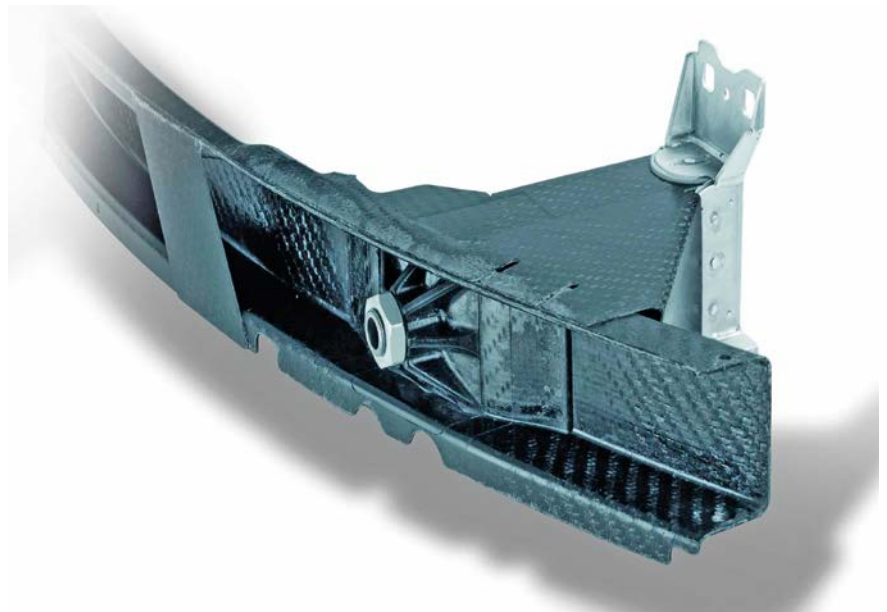
Moderne Faserverbundkonstruktionen lassen sich an sehr unterschiedliche Beanspruchungen anpassen. Die Entwicklung solcher Bauteile erfordert neben kreativen Ideen auch eine interdisziplinäre Herangehensweise. Trotz vorhandener Kenntnisse kommt die Entwicklung jedoch nur langsam in Schwung. Es ist an der Zeit, technologische Defizite zu identifizieren, Lösungskonzepte für die Produktionstechnik voranzutreiben und einen disziplinübergreifenden Wissenstransfer zu initiieren.

Vor dem Hintergrund aktueller gesellschaftspolitischer Fragen zu Nachhaltigkeit und Energieeffizienz nimmt der Leichtbau mit thermoplastischen Faserverbundwerkstoffen (FVW) branchenübergreifend einen besonderen Stellenwert ein.

- Festigkeit und Steifigkeit bei geringer Masse,
- einstellbare Dämpfungs- und Crasheigenschaften,
- vielfältige textile Strukturen,
- zahlreiche Möglichkeiten der Funktionsintegration,
- serientaugliche, wirtschaftliche und reproduzierbare Fertigung
- sowie ihre Recyclingfähigkeit

prädestinieren die noch junge Werkstoffgruppe für industrielle Anwendungen. Doch trotz dieser Vorteile kommt die breite Markteinführung von FVW mit thermoplastischer Matrix nur langsam voran.

Rückblickend betrachtet ist der Materialbaukasten für FVW schon lange bekannt. Das Zeitalter der langfaserverstärkten Kunststoffe begann in den 1970er-Jahren mit duroplastischen Matrixmaterialien und Glasfasern. Erste Anwendungen waren Angelruten und Sekundärstrukturen für die Luftfahrtindustrie. In den 80er- und 90er-Jahren kamen Sportgeräte und erste Primärstrukturen für die Luftfahrt hinzu. Bis etwa 2003 folgten Anwendungen wie Druckbehälter, Maschinenelemente sowie Bauteile im Motorenbereich. Bergauf ging es mit Luftfahrtprogrammen und dem Bau von Windkraft-



Der vordere Stoßfängerträger eines BMW M3 aus PA6 und Organoblech, hergestellt im Tailored Flowable Composite Forming (TFC-Verfahren), ist 45 % leichter als die Ausführung in Stahl (Bild: HBW-Gubesch Thermoforming)

anlagen. Seit 2012 kommen zunehmend industrielle Anwendungen hinzu.

Langfaserverbunde mit thermoplastischer Matrix kamen ab den 1980er-Jahren auf den Markt, der insbesondere von GMT geprägt war. Ende der 90er kam das Direkt-LFT-Verfahren hinzu, für das der Schmelze Endlosfasern zugemischt wurden.

Um die Verfahrenstechnik zu klassifizieren, ist zwischen manuellen, teilautomatisierten und vollautomatischen Verfahren, kontinuierlichen Technologien und Sonderverfahren zu unterscheiden

(Bild 1). Interessant sind besonders die teil- und vollautomatisierten Verfahren, weil bei beiden die Zykluszeiten relevant sind. Bei den teilautomatisierten Verfahren sind in erster Linie Harzsysteme vorherrschend. Bekannt ist das RTM-Verfahren, das speziell bei der Bauteilherstellung für Flugzeuge eine Rolle spielt – oder aktuell beim BMW i3 (Bild 2). Unter den vollautomatisierten Verfahren ist an erster Stelle das Spritzgießen zu nennen, das sich für die Großserienproduktion mit hohen Stückzahlen anbietet. Ein geeignetes Ver-

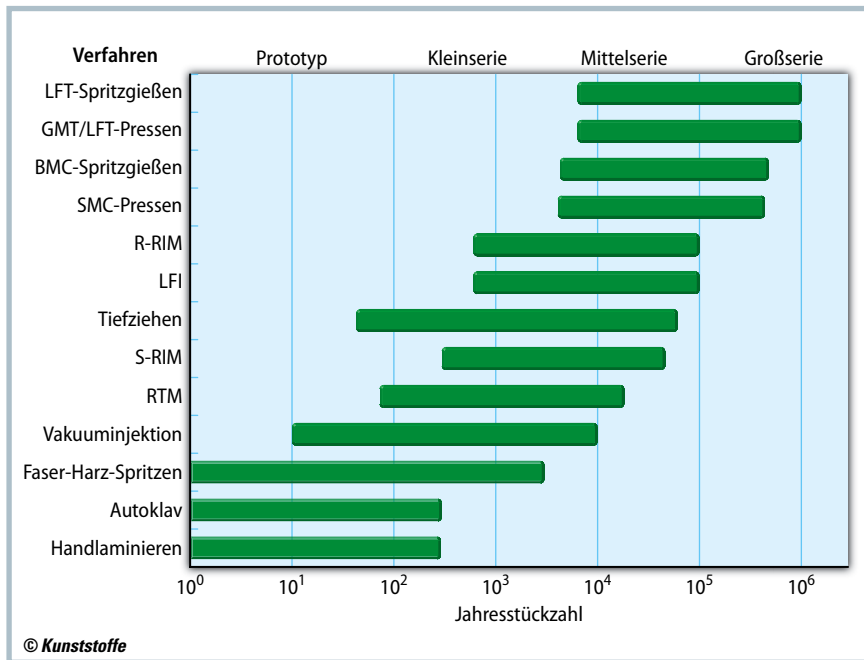


Bild 1. Klassifizierung der Verarbeitungsverfahren für faserverstärkte Werkstoffe nach Stückzahlen – vom Prototypen zur Großserie (Quelle: Prof. Schemme, Hochschule Rosenheim)

arbeitungsverfahren ist das Pressen – sowie, im Vorgriff auf die weitere Entwicklung, die Verfahrenskombinationen aus Thermoformen und Spritzgießen.

Umformen und Urformen in einem Werkzeug

Aus anwendungstechnischer Sicht sind die von der Faserlänge abhängenden mechanischen Eigenschaften faserverstärkter Thermoplaste von Bedeutung. Das betrifft zunächst Kurz- und Langfasern, wobei mit „lang“ Fasern mit etwa 10 bis 20 mm Länge im Granulat gemeint sind. Damit lassen sich zwar bestimmte Eigenschaften erreichen, aber bei Weitem nicht im gewünsch-

ten Maß oder wie sie von Pressteilen mit unidirektionaler Endlosfaserverstärkung bekannt sind. Das Spritzgießen schränkt die Anwendungsmöglichkeiten hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften von Bauteilen stark ein.

Besser sieht es beim Fließpressen aus, für das aber sehr hohe Drücke erforderlich sind. Noch besser sind die mechanischen Eigenschaften in GMT-Bauteilen.

2005 untersuchte die Hochschule Rosenheim mit einem Industriekonsortium an einem Knoten, wie er in Fahrzeugtüren zu finden ist, ob sich das Thermoformen von Organoblechen mit dem Spritzgießen kombinieren lässt. Das Halbzeug wurde aufgeheizt, in einem Thermoform-

werkzeug umgeformt, danach zugeschnitten, in ein Spritzgießwerkzeug eingelegt und durch Anspritzen von Rippen zum vollwertigen Bauteil fertiggestellt. Die Kombination beider Verfahren ermöglicht eine durchgängige Faserorientierung, hohe Festigkeiten und Steifigkeiten im Bauteil, Designfreiheit sowie eine hohe Bauteilkomplexität. Es handelt sich aber um einen zweistufigen Prozess.

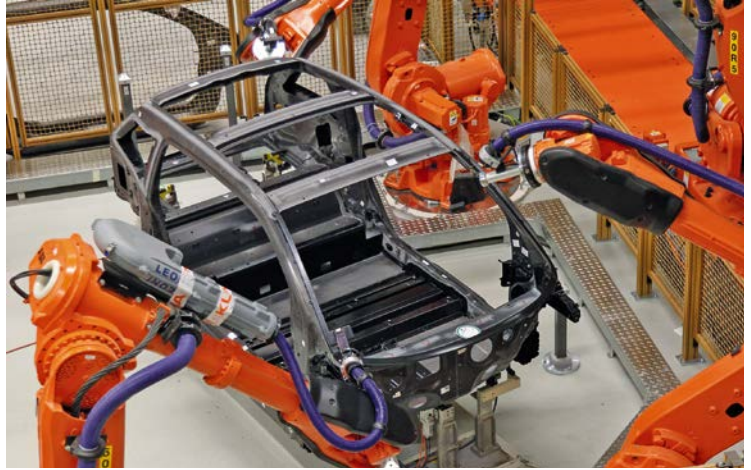
Die nächste Überlegung war, beide Prozesse miteinander zu kombinieren, um einen Einstufenprozess zu entwickeln. Das Konzept wurde in einem BMBF-Projekt (2007–2009) untersucht und als „Spriform“-Verfahren vorgestellt (Bild 3). Als Demonstrator diente ein Querträger, der bisher aus Aluminium bestand. Erstmals fanden Umformen und Urformen in einem Werkzeug statt.

Neugier, Skepsis – und risikoscheue Anwender

Anhand eines fiktiven Hebels zeigten Arburg, Georg Kaufmann Formenbau und fpt Robotik auf der K2013, dass sich Organobleche auch belastungsgerecht anordnen lassen, um die mechanischen Eigenschaften an definierten Punkten gezielt einzustellen (Bild 4). Verarbeitet wurden zwei unterschiedlich dicke Organoblech-Zuschnitte, die in der Fertigungszelle vollautomatisch aufgeheizt und im Werkzeug an ihrer jeweiligen Position platziert wurden. Mit dem Werkzeugschließen wurden die Zuschnitte umgeformt und danach direkt die Rippen angespritzt. Zusätzlich wurde am Organoblech im Werkzeug ein Anschraubpunkt durch das Gewebe angespritzt (Bild 5). Überdies war auf der Maschine eine »

Bild 2. Die Strukturelemente der BMW i3-CFK-Karosserie werden im Hochdruck-RTM-Verfahren hergestellt und anschließend von Robotern zusammengefügt

(Bild: BMW Group)



Endlosfaser-Seitenbeschickung installiert, mit der bis zu 50 mm lange Fasern direkt in die Schmelze dosiert wurden.

Angesichts dieser Beispiele stellt sich die Frage, weshalb Entwicklung und Markt nicht längst weiter sind. Die „neuen“ Werkstoffe lösen und lösen weiterhin Neugier aus, zugleich aber auch Skepsis. Auf der einen Seite sind komplexe Anforderungen zu erfüllen, auf der anderen „droht“ die Kosten/Nutzen-Frage. Natürlich bestehen hohe Ansprüche an die Qualität, Sicherheit und Technologiereife. Doch für die Akzeptanz der neuen Technologien fehlt leider auch eine gehörige Portion Vertrauen.

So ist die Zeit vom Start einer Entwicklung bis zur Serienfertigung bei vielen Projekten zu lang. Sicher, der Umgang mit FVV (Auslegung, Konstruktion, Verarbeitung) ist komplex, weshalb der Entwicklungsaufwand höher als bei unverstärkten Kunststoffen ist.

Oft erfolgt die Bauteilentwicklung auf eingefahrenen Pfaden: Meist wird ein Bauteil zunächst hinsichtlich der Kosten und seines Gewichts optimiert. Es werden Funktionen integriert, was vielfach mit einer Kostensenkung

einhergeht. Es sind schwierige Anforderungsprofile zu verwirklichen, um die Funktionalität abzusichern. Der damit verbundene hohe Aufwand führt oft dazu, dass zuletzt doch auf eine in der Vergangenheit bewährte Lösung zurückgegriffen wird. Mit anderen Worten – der Kreis schließt sich nicht.

Zur Orientierung fehlt es an Referenzanwendungen. Daher scheuen Anwender das Risiko, sich auf einen neuen Werkstoff und eine neue Fertigungstechnik einzulassen. Es fehlt eine durchgängige Werkstoffcharakterisierung und es liegen keine Materialmodelle als Grundlage einer geeigneten Simulationssoftware vor.

Wie es weitergehen kann

Festzuhalten ist, dass auch der Faserverbundwerkstoff-Industrie eine gemeinschaftliche Ausrichtung fehlt – es gibt zu viele Einzelkämpfer. Das zu ändern, ist eine Voraussetzung für die folgenden Empfehlungen.

Um die Systemgrenzen zu überwinden, ist ein gesamtheitlicher Ansatz erforderlich (**Bild 6**). Ein Stichwort lautet Funktionsintegra-

Bild 3. Großer „Spriform“-Träger aus PA6 und Organoblech

(Bild: HBW-Gubesch Thermoforming)

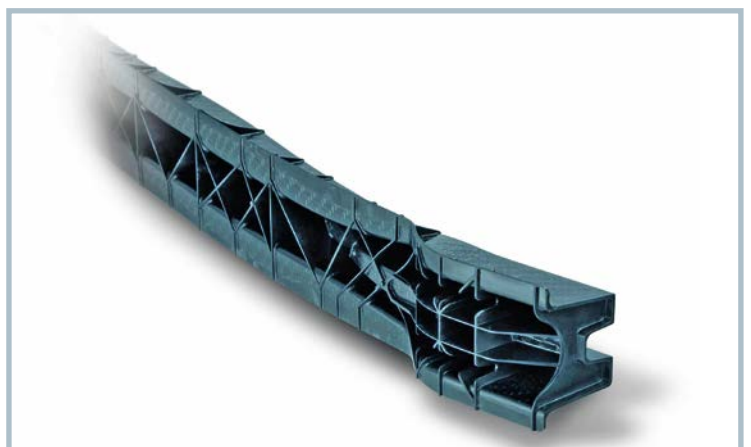




Bild 4. Für die Herstellung des Hebels werden unterschiedlich dicke Organoblechzuschnitte belastungsgerecht im Werkzeug eingelegt

(Bilder: Arburg / Georg Kaufmann)

tion. Die Überlegungen müssen systemübergreifend sein, denn eine 1:1-Transformation ist schlicht nicht möglich. Es ist unerlässlich, den Einsatzzweck von Bauteilen zu überdenken und gegebenenfalls Alternativlösungen zu suchen – auch wenn das ungewohnt ist. Die Lastenhefte sind anzupassen, indem beispielsweise eine geforderte Steifigkeit anderweitig kompensiert wird, was nachgewiesenermaßen möglich ist. Entscheidend ist die Prozesssimulation, insbesondere was das Drapieren und Umspritzen betrifft. Es ist dringend nötig, eine Materialcharakterisierung zu schaffen, Materialkarten zu erarbeiten und für die Simulation eine umfassende Materialmodellierung durchzuführen – bezogen auf Nicht-Linearität, Anisotropie, Dehnratenabhängigkeit, Temperaturabhängigkeit, Versagensverhalten bei Crash oder Ermüdung, um letzten Endes ein Bauteil auslegen zu können.

Entwicklungsbedarf besteht zudem in der Verbindungstechnik. Bei vielen Projekten handelt es sich um Mischbauweisen, seien es unterschiedliche Kunststoff-Kunst-

stoff-Verbunde oder Kunststoff-Metall-Verbunde. In diesem Zusammenhang sind wichtige Grundsätze zu berücksichtigen, etwa dass Kräfte über die Matrix in die Fasern eingeleitet werden müssen, die dazu ausreichend lang und unbeschädigt sein müssen. Zudem müssen in die Bauteile geeignete Befestigungselemente integriert werden. CFK wie „schwarzes Metall“ zu behandeln und zu nieten, ist keine Lösung. Handelt es sich um Mischmaterialverbindungen, bedarf es anderer als herkömmlicher Methoden für das Fügen. Auch gilt es, die Kräfteinleitung bei tragenden Strukturen zu überdenken. Daraus ergibt sich die Aufgabe, fasergerechte, dimensionierbare, robuste und wirtschaftliche Fügeverfahren für FVK zur Marktreife zu entwickeln.

Eine materialgerechte Qualitätskontrolle im Sinne einer prozessübergreifenden Datenvernetzung samt Integration neuer Prozessparameter in bestehende Qualitätskonzepte fehlt bislang. Auch hier ist ein ganzheitlicher Ansatz erforderlich. Es gilt, ein Prozessmonitoring zu etablieren einschließlich einer entsprechenden

Dokumentation. Charakteristische Daten müssen zentral abgelegt und mit den Bauteilprüfprotokollen verlinkt werden, um die Rückverfolgung zu ermöglichen. Charakteristische Prozessdaten von den Organoblechzuschnitten, das Aufheizen und natürlich die Daten der originären Bauteilherstellung (Umformen, Hinterspritzen) sind zu erfassen und transparent zentral zu speichern.

Schwache Wissensbasis, unerwünschter Wissenstransfer

Die Wissensbasis muss verbreitert werden. Aktuell liegt das spezifische Werkstoff- und Prozess-Know-how überwiegend bei hoch spezialisierten Zulieferern, steht somit der breiten Basis nicht zur Verfügung. Bei den OEM fehlt hinsichtlich Material, Prozess und Konstruktion ein entsprechender Ausbildungsstand in Sachen FVW. Mangelnde Kenntnisse verunsichern und befördern das Festhalten an Bewährtem.

Insgesamt betrachtet, ist der Wissens- und Ausbildungsstand über FVW unzureichend. In der Regel erfolgt der Auf- »

Der Autor

Dr.-Ing. Erwin Bürkle ist eines von zwei Mitgliedern der Partnerschaft Wobbe – Bürkle – Partner, Hitzacker (Elbe). Daneben ist der frühere (bis 2009) Leiter Vorentwicklung der KraussMaffei Technologies GmbH, München, beratend für die Georg Kaufmann Formenbau AG tätig;

» www.wb-partner.com

Fachausschuss

Der VDI-Fachausschuss „Produktionstechnik für Faserverbundwerkstoffe“ verfolgt das Ziel, die bestehenden technologischen Defizite bei der serienfähigen und wirtschaftlichen Fertigung von Faserverbundwerkstoffen zu identifizieren, um neue Lösungskonzepte für die Produktionstechnik voranzutreiben. Für unterschiedliche Branchen soll das vorhandene Leichtbaupotenzial erschlossen und ausgeschöpft werden. Die Mitglieder:

- Dr.-Ing. Marcus Schuck (Vorsitz, HBW-Gubesch Thermoforming GmbH)
- Dr.-Ing. Erwin Bürkle (Wobbe – Bürkle – Partner)
- Harri Dittmar (Bond-Laminates GmbH)
- Dipl.-Ing. Christian Götze (Georg Kaufmann Formenbau AG)
- Christoph Klaus (BMW Group)
- Oliver Kraemer (BASF SE)
- Prof. Dr.-Ing. Niels Modler (Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der Universität Dresden)
- Dr.-Ing. Thomas Müller (CrossLink Faserverbundtechnik GmbH & Co. KG)
- Prof. Dr.-Ing. Michael Schemme (Hochschule Rosenheim)
- Dipl.-Ing. Martin Würtele (KraussMaffei Technologies GmbH)

Service

Digitalversion

- » Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/913907

bau des „Spezialwissens“ hinter verschlossenen Türen, weshalb Entwicklungen bis zur Serienreife durchaus fünf bis zehn Jahre dauern. Aufgrund der anwendungsspezifischen Ausrichtung ist der Wissenstransfer in andere Branchen oder Anwendungen oftmals kaum möglich oder aus Wettbewerbsgründen unerwünscht. Die Publikation aktueller Technologien ist stark eingeschränkt.



Bild 5. Der Anschraubpunkt wird durch das Gewebe des Organoblechs angespritzt (Bild: Georg Kaufmann/Arburg)

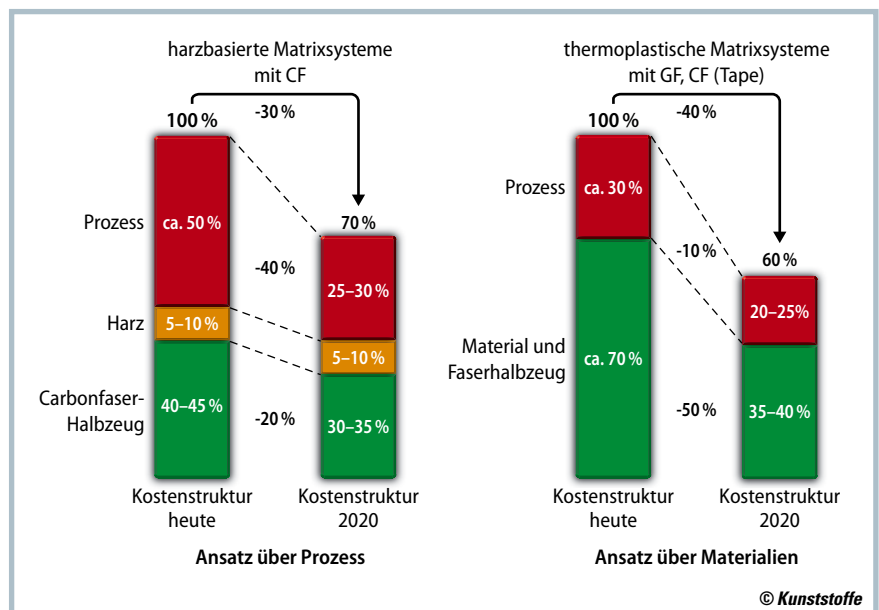


Bild 6. Modellrechnung an einem Carbonfaser-Referenzbauteil: Das prognostizierte Kostensenkungspotenzial (bis 2020) ist ein Ansporn für künftige Entwicklungen (Bild: Bürkle)

Das Know-how-Defizit hat Auswirkungen: Da Wissen und Erfahrungen aus der Entwicklung und Fertigung metallischer Bauteile dominieren, greifen potenzielle Anwender bei zeitkritischen Projekten vorzugsweise auf etablierte Werkstoffsysteme zurück. Vielfach ist der Termindruck eine Innovationsbarriere, auch wenn ursprünglich neue Technologien eingesetzt werden sollten.

Rühmliche Ausnahme

Ein etwas anderes Bild bieten zwar die Forschungslandschaften, doch auch hier ist die weitgehend isolierte Arbeit problematisch, es dringt zu wenig nach außen. Eine Ausnahme ist die offene Leichtbauplatzform „Forel“ (Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente

Leichtbaustrukturen der Elektromobilität) am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden.

Bei Forel handelt es sich um einen systemischen Ansatz, der Erkenntnisse regionaler und überregionaler Initiativen disziplinübergreifend bündelt. Hierbei wird durchgängig die gesamte Wertschöpfungskette vom Werkstoff über die verschiedenen Prozessketten bis hin zum Bauteil abgedeckt.

Diesen Ansatz verfolgt auch der VDI-Fachausschuss „Produktionstechnik für Faserverbundwerkstoffe“ (siehe Infokasten). Dessen Ziele lauten, den Wissenstransfer zu unterstützen, fachlichen Austausch und Öffentlichkeitsarbeit zu initiieren und die Umsetzung innovativer technischer Lösungen mit FWV zu fördern. ■